

建设工程管理中区块链技术的应用探索

文 / 杨 坤 山东省嘉祥县住房和城乡建设局

张 涵 山东省嘉祥县住房和城乡建设局

摘要：在当今快速发展的数字化时代，科技的创新与变革正以前所未有的速度推动着各行各业的进步与发展。建设工程行业，作为国民经济的重要支柱，其管理效率和质量直接影响着国家的基础设施建设和经济发展。本文将深入探讨区块链技术在建设工程管理中的应用，结合中铁公司的实际案例，分析区块链技术如何解决传统管理中的痛点问题，提高建设工程管理的效率和质量。

关键词：区块链技术；建设工程管理；信息管理透明化；合同执行智能化

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.08.057

引言

区块链技术，作为一种新兴的技术，以其去中心化、不可篡改、透明性和安全性等特点，为建设工程管理提供了新的思路和解决方案。区块链技术通过分布式账本记录数据，确保数据的真实性和完整性；通过加密算法和共识机制保障数据的安全性和隐私性；通过智能合约实现合同的自动执行和违约处理；通过实时监控和预警系统提高成本控制的精细化水平；通过质量信息上链记录实现质量管理的可追溯性；通过供应商信息上链管理和供应链协同优化提高供应链的效率。

一、区块链技术特点

区块链技术之所以能在中铁等建设工程企业中引起广泛关注，得益于其四大显著特点：去中心化、不可篡改性、透明性和安全性。去中心化让中铁的项目管理不再依赖单一的中心节点，降低了管理成本和风险。不可篡改性确保了项目数据一旦记录便无法被随意更改，为项目的审计和追溯提供了可靠依据。透明性使得中铁的所有项目参与方都能实时查看项目进展和数据状态，增强了项目的透明度和信任度^[1]。安全性则是区块链技术的基石，中铁通过区块链技术可以有效防止数据泄露和非法访问，保障项目数据的安全无虞。

二、建设工程管理中的问题与挑战

（一）信息管理碎片化与孤岛现象

在中铁公司的项目管理过程中，信息碎片化与孤岛现象是一个显著的问题。不同部门、不同项目之间的信息流通不畅，导致信息无法及时、准确地共享。例如，设计部门完成的设计图纸可能无法及时传递给施工部门，导致施工过程中出现偏差；或者财务部门对项目成本的控制信息与工程部门的实际支出情况存在脱节，这种信息碎片化不仅影响了项目管理的效率，还可能导致决策失误和成本超支。

（二）供应链协同与效率提升困境

供应链协同是建设工程管理中的重要内容，但中铁公司在这一方面也面临着困境。一方面，由于建设项目的特殊性，供应链上的各个环节（如设计、采购、施工等）往往难以做到无缝衔接；另一方面，不同供应商之间的信息共享和协同工作难度较大。例如，在某些大型建设

项目中，由于涉及多个分包商和供应商，供应链上的信息传递和协同工作经常出现滞后和错误，导致项目延期和成本增加。

三、区块链技术在建设工程管理中的应用探索

（一）信息管理透明化

1. 项目信息上链存储

在建设工程管理领域，信息的不透明和碎片化长期以来一直是制约管理效率提升的关键因素。为了破解这一难题，中铁大桥局集团有限公司在马鞍山长江公铁大桥的建设过程中，积极探索并应用了区块链技术，将项目信息全面上链存储，从而实现了信息管理的透明化和可追溯性。马鞍山长江公铁大桥作为一项大型基础设施建设项目，涉及多个设计单位、施工单位、监理单位等参与方，信息流通极为复杂。中铁大桥局集团有限公司充分利用区块链技术的优势，将项目的设计图纸、施工方案、合同文件、进度报告、质量检查报告等关键信息全部上链存储^[2]。通过区块链的分布式账本特性，这些信息被安全地分散存储在多个节点上，每个节点都持有数据的完整副本，确保了数据的完整性和安全性。

表1 马鞍山长江公铁大桥项目上链存储信息量

信息类别	上链存储数据量 (GB)
设计图纸	2500
施工方案	2000
合同文件	1000
进度报告	3000
质量检查报告	5000
其他	800
总计	14300

如表所示，该项目上链存储的信息量超过了14TB，涵盖了项目全生命周期的各个环节，为项目的精细化管理提供了有力的数据支撑。

2. 信息共享与追溯机制

区块链技术的去中心化和不可篡改特性为马鞍山长江公铁大桥项目的信息共享和追溯提供了有力支持。在项目建设过程中，所有参与方（包括设计单位、施工单位、监理单位等）都可以通过区块链平台实时查看项目信息，实现了信息的透明共享，这不仅极大地提高了项目管理的效率，还有效增强了各方之间的信任。同时，区块链的不可

篡改特性确保了项目信息的真实性和可追溯性。例如，在桥梁的某个关键施工段——主塔混凝土浇筑过程中，质量检查报告显示某批次混凝土强度不达标。通过区块链平台，施工单位、监理单位和设计单位可以迅速追溯到该批次混凝土原材料的采购来源、配比方案、运输过程、浇筑环节等各个环节的详细信息。经过仔细核查，最终确定是混凝土原材料中的某种添加剂质量不合格导致的问题。基于这一追溯结果，项目各方迅速明确了责任归属，并制定了针对性的整改措施，有效确保了施工质量和进度。

（二）合同执行智能化

1. 智能合约在合同管理中的应用

智能合约是一种自动执行合约条款的计算机协议，它利用区块链技术确保安全、透明和不可篡改。在中铁的大型基础设施建设项目中，智能合约被广泛应用于合同管理。项目涉及多家分包商、供应商和服务提供商，合同种类繁多，条款复杂。通过智能合约，这些合同被编码成可自动执行的程序，一旦满足预设条件，合约条款就会自动执行。以中铁与某材料供应商的合同为例，该合同规定了材料的交付时间、质量标准、付款条件等条款。在区块链平台上，这些条款被编码成智能合约。当材料供应商按时交付符合质量标准的材料，并且经过监理单位的验收确认后，智能合约会自动触发付款流程，将款项从中铁的账户转移到材料供应商的账户。整个过程中无需人工干预，既提高了效率，又减少了人为错误和欺诈风险。此外，智能合约还具备自我验证和强制执行的能力。如果材料供应商未能按时交付材料或材料质量不达标，智能合约会自动触发违约处理机制，如暂停付款、要求赔偿损失等，这不仅保护了中铁的合法权益，也促进了合同双方的诚信履约。

表2 智能合约在合同管理中的应用

合约类型	合约数量	涉及金额 (亿元)	智能合约执行 效率提升(%)
材料采购	120	5.5	30
施工分包	80	8.0	25
服务提供	40	1.2	35
总计	240	14.7	30

2. 自动执行与违约处理

区块链技术与智能合约的结合，实现了合同条款的自动执行与违约处理。在中铁的大型基础设施建设项目中，智能合约根据预设条件自动执行合同条款，大大缩短了合同执行的时间，提高了效率。同时，智能合约还具备自我验证和强制执行的能力，一旦发现违约行为，立即触发违约处理机制，确保合同的严肃性和有效性。以中铁与某施工分包商的合同为例，该合同规定了施工进度、质量标准和安全要求等条款。在区块链平台上，这些条款被编码成智能合约。当施工分包商按照进度计划完成施工任务，并且经过监理单位的验收确认后，智能合约会自动触发付款流程。如果施工分包商未能完成任务或施工质量不达标，智能合约会自动触发违约处理机制，如暂停付款、要求赔偿损失等^[3]，这种自动执行与违约处理机制，不仅提高了合同管理的效率，还有效防范了违约风险。通过智能

合约的自动执行与违约处理机制，中铁公司能够更加高效、安全地管理大量复杂的合同关系，降低合同管理成本，提高项目管理水平。同时，智能合约的透明性和不可篡改性也增强了合同双方的信任，为建设工程管理领域的诚信履约提供了有力保障。

（三）成本控制精细化

1. 成本控制数据上链

在传统的建设工程管理中，成本控制数据往往分散在各个部门和系统中，难以实现集中管理和实时分析。区块链技术的分布式账本特性，为成本控制数据的集中管理和实时分析提供了可能。在中铁的大型铁路建设项目中，所有与成本控制相关的数据，如材料采购价格、人工成本、设备租赁费用、设计变更成本等，都被实时上链存储。通过区块链平台，中铁可以实时监控各项成本数据的变动情况，及时发现成本超支或节约的潜在风险。以材料采购为例，中铁通过区块链平台与多家供应商建立了直接的采购关系，每次采购的价格、数量、质量等信息都被实时上链存储，这样，中铁可以实时对比不同供应商的价格，选择性价比最高的供应商，有效控制采购成本。同时，通过区块链平台，中铁还可以实时监控材料的使用情况，防止材料浪费和盗窃，进一步降低材料成本。

表3 成本控制数据上链数据示例

成本类别	上链数据量(条)	节约成本(万元)
材料采购	100,000	500
人工成本	50,000	300
设备租赁	20,000	100
设计变更	5,000	50
总计	175,000	950

2. 实时监控与预警系统

在成本控制数据上链的基础上，中铁还开发了基于区块链的实时监控与预警系统。该系统通过区块链平台，实时分析各项成本数据的变动情况，一旦发现成本超支或节约的潜在风险，立即触发预警机制^[4]。以人工成本为例，中铁通过区块链平台实时记录每个工人的工作时间、工作内容和工资发放情况。一旦系统发现某个工人的工资发放超过预设标准，或者某个工作内容的成本超出预算，立即触发预警机制，这样，中铁可以及时发现并解决成本超支的问题，防止成本失控。此外，该系统还可以根据历史数据和项目进展，预测未来的成本变动趋势，为中铁提供更加精准的成本控制决策支持。例如，在系统预测到未来某个月份的人工成本将大幅上升时，中铁可以提前采取措施，如调整施工计划、优化人员配置等，有效控制成本上升的风险。

（四）质量管理可追溯

1. 质量信息上链记录

区块链技术的引入，为质量管理带来了全新的思路 and 手段，实现了质量管理的可追溯性，以京沈高速公路建设项目为例，项目建设期间，中铁充分利用区块链技术的分布式账本特性，将质量管理的全过程信息上链记录，这些信息包括但不限于原材料的质量检测报告、施工过程中的质量检测数据、隐蔽工程的验收记录、关键

工序的施工监控视频等。具体而言，每当一批原材料进场时，中铁都会委托第三方检测机构进行质量检测，并将检测报告上链存储。在施工过程中，中铁会定期对关键工序进行质量检测，并将检测数据实时上传至区块链平台。对于隐蔽工程，中铁会在验收通过后，将验收记录和相关照片、视频等资料上链存储。此外，对于关键工序的施工过程，中铁还会安装监控摄像头进行实时监控，并将监控视频上链保存。通过质量信息上链记录，中铁实现了质量管理的全链条可追溯。一旦工程在后期运营中出现质量问题，可以迅速通过区块链平台追溯质量问题发生的环节和原因，这不仅提高了质量管理的效率和准确性，也为后期的责任界定提供了有力证据。

表 4 质量信息上链记录数据示例

质量信息类别	上链记录数量
原材料质量检测报告	5,000 份
施工过程质量检测数据	100,000 条
隐蔽工程验收记录	3,000 份
关键工序施工监控视频	500GB

2. 质量问题追溯与责任界定

在京沈高速公路建设项目中，区块链技术的引入不仅实现了质量信息的上链记录，还为质量问题的追溯与责任界定提供了有力支持。例如，在某段路面的施工过程中，出现了路面平整度不达标的质量问题。通过区块链平台，中铁迅速追溯到了该段路面的施工记录、原材料质量检测报告、施工过程质量检测数据以及施工监控视频等关键信息。经过仔细分析，发现该段路面的施工存在操作不规范、原材料质量不达标等问题。随后，中铁通过区块链平台上的智能合约和共识机制，与施工单位、原材料供应商等相关方进行了责任界定。由于所有质量信息都上链存储，且不可篡改，各方对质量问题的原因和责任划分均无异议。最终，施工单位承担了返工修复的责任，原材料供应商承担了相应的赔偿责任。

(五) 供应链协同优化

1. 供应商信息上链管理

在建设工程领域，供应链的协同优化是确保工程顺利进行、提高工程质量和效率的关键。区块链技术的引入，为供应链协同优化提供了全新的解决方案。以杭绍甬智慧高速公路建设项目为例，中铁充分利用区块链技术的分布式账本特性，将供应商信息上链管理，这包括供应商的基本信息、资质证明、历史合作记录、信用评价等多维度数据。具体而言，中铁首先对所有参与项目竞标的供应商进行严格的资质审核，并将审核通过的供应商信息上链存储，这些信息包括供应商的企业名称、注册地址、法定代表人、经营范围、资质证书编号等基本信息，以及过往的合作案例、客户评价等历史合作记录。此外，中铁还会定期对供应商进行信用评价，并将评价结果上链更新。通过供应商信息上链管理，中铁实现了供应商信息的透明化和可追溯性。在后续的合作过程中，中铁可以随时查看供应商的最新信息，确保合作的供应商具备相应的资质和信用水平。同时，这也为中铁在供应商选择、合同签订、款项支付等环节提供了有力的数据支持，降低了合作风险。

表 5 供应商信息上链管理数据示例

供应商信息类别	上链管理数量
基本信息	100 家
资质证明	100 份
历史合作记录	500 条
信用评价	100 次 / 年

2. 供应链协同与效率提升

在供应商信息上链管理的基础上，中铁进一步利用区块链技术实现了供应链协同与效率提升。区块链技术的去中心化特性，使得供应链中的各个参与方能够直接进行信息交互和协作，无需通过中心化的平台进行中转。在杭绍甬智慧高速公路建设项目中，中铁与多家供应商建立了基于区块链的协同合作关系。通过区块链平台，中铁可以实时获取供应商的库存信息、生产进度、物流信息等关键数据，从而更加精准地安排采购计划和施工计划。同时，供应商也可以通过区块链平台实时获取中铁的需求信息、付款进度等关键数据，从而更加高效地安排生产和配送计划。例如，在某段路面的施工过程中，中铁需要大量的沥青材料。通过区块链平台，中铁可以实时获取供应商的库存信息和生产进度，从而提前与供应商沟通采购计划和交货时间。供应商则可以根据中铁的需求信息，及时调整生产计划，确保按时交付高质量的沥青材料，这不仅提高了供应链的协同效率，还降低了库存成本和运输成本。此外，区块链技术还可以实现智能合约的自动执行。例如，在采购合同签订后，双方可以将合同条款编码成智能合约并上链存储。当满足合同条款规定的交货时间、质量标准等条件时，智能合约将自动触发付款流程，无需人工干预，这不仅提高了合同的执行效率，还降低了人为干预和欺诈风险。

结语

随着区块链技术在建设工程管理领域的深入探索与应用，中铁公司等一大批行业领军企业已经取得了显著的成效。从信息管理透明化、合同执行智能化、成本控制精细化、质量管理可追溯，到供应链协同优化，区块链技术以其独特的优势，为建设工程管理带来了全新的变革。它不仅提高了管理效率和质量，还降低了成本和风险，增强了项目参与方之间的信任和协作。展望未来，随着技术的不断进步和应用的不断拓展，区块链技术将在建设工程管理领域发挥更加重要的作用，为国家的基础设施建设和经济发展贡献更大的力量。

参考文献

[1] 张春生, 乔梦菲, 李瑚均, 等. 建筑领域区块链技术应用研究综述 [J]. 铁道科学与工程学报, 2023, 20(3): 1105-1115.

[2] 郑云水, 刘恒江, 董昱. 基于区块链高效安全的多部门铁路工程数据访问控制策略 [J]. 铁道科学与工程学报, 2024, 21(6): 2488-2498.

[3] 张海波, 黄泓龙, 李方伟, 等. 面向双层区块链的人车分离信任管理方案 [J]. 通信学报, 2024, 45(11): 59-71.

[4] 赵庆华, 胡超凡. 基于区块链技术的全过程工程咨询研究 [J]. 工程管理学报, 2023, 37(6): 41-45.